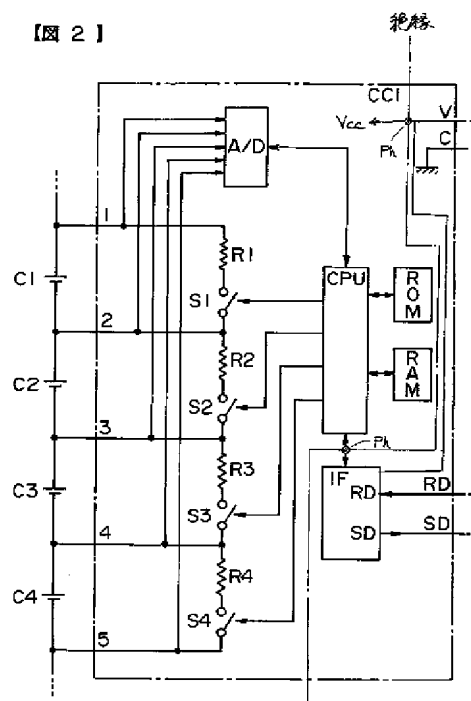


(11)特許出願公開番号



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の単電池が直列に接続された組電池に対して、各単電池の充電率が均一になるように調整する組電池の単電池間充電率調整装置において、各単電池の開放電圧を検出する検出回路と、各単電池に並列に接続され、各単電池の充電電荷を放電する複数の放電回路と、前記検出回路により検出された各単電池の開放電圧に基づいて前記各放電回路により各単電池の充電率を制御する制御回路とを備えることを特徴とする組電池の単電池間充電率調整装置。

【請求項2】 請求項1に記載の組電池の単電池間充電率調整装置において、前記制御回路は、組電池の放電時、充電時および休止時に各単電池の充電率を制御することを特長とする組電池の単電池間充電率調整装置。

【請求項3】 請求項1または請求項2に記載の組電池の単電池間充電率調整装置において、前記制御回路は、各単電池の開放電圧の度数分布を定量化し、その統計値に基づいて各単電池の放電必要容量を演算することを特徴とする組電池の単電池間充電率調整装置。

【請求項4】 請求項3に記載の組電池の単電池間充電率調整装置において、前記制御回路は、各単電池の開放電圧の度数分布を正規分布とみなし、開放電圧平均値および標準偏差に基づいて調整目標電圧を設定し、各単電池の端子電圧が前記調整目標電圧になるように前記放電回路により各単電池の放電を行なうことを特徴とする組電池の単電池間充電率調整装置。

【請求項5】 請求項1～4のいずれかの項に記載の組電池の単電池間充電率調整装置において、前記放電回路は抵抗器とスイッチの直列回路であり、前記制御回路は間欠的に前記スイッチを閉路して単電池の放電を行なうことを特徴とする組電池の単電池間充電率調整装置。

【請求項6】 請求項3～5のいずれかの項に記載の組電池の単電池間充電率調整装置において、前記制御回路は、各単電池の開放電圧の度数分布を定量化する第1の演算回路と、前記第1の演算回路による統計値に基づいて各単電池の放電必要容量を演算する第2の演算回路とを有し、前記検出回路、前記放電回路および前記第1の演算回路を組電池と一体に形成するとともに、前記第2の演算回路を組電池の外部に設置して両者の間を絶縁することを特長とする組電池の単電池間充電率調整装置。

【請求項7】 請求項1～6のいずれかの項に記載の組電池の単電池間充電率調整装置において、各単電池の開放電圧に基づいて異常判定しきい値を設定し、前記異常判定しきい値を超える開放電圧の単電池を

容量調整対象から除外することを特徴とする組電池の単電池間充電率調整装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、組電池における単電池間の充電率調整装置に関する。

【0002】

【従来の技術】複数の単電池（以下、セルと呼ぶ）が直列に接続された組電池に対して、セル間の充電率（SOC State of Charge）が均一になるように調整する装置が知られている（例えば、特開平7-336905号公報参照）。この装置では、組電池を構成する各セルに定電圧制御部と電流飽和検出部からなる定電圧回路を並列に接続し、セル電圧と設定電圧との差分に応じて充電電流の一部をバイパスさせ、セル電圧が設定電圧一定となるように制御するので、SOCの高いセルから順にセルに流れ込む充電電流が抑制されていく。その間、他のセルへは全電流で充電が継続され、セル間の充電量が調整される。バイパス電流が飽和したら充電器に電流低減信号を出力し、充電電流を低減させる。このような動作を繰り返して充電電流をステップ状に低減していき、所定の最低充電電流でバイパス飽和が発生したら充電を終了している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来の組電池の単電池間充電率調整装置では、充電により各セル電圧が上昇して設定電圧に達するのは充電終了間際となり、充電終了間際に各セルの定電圧回路が動作して各セル間の充電率を調整することになる。そのため、所定の最低充電電流になるまで充電を行なわないと、セル間の充電率を十分に調整できないという問題がある。

【0004】また、充電終了間際の30分程度の短時間で最大1A程度の大きな充電バイパス電流を流して高SOCセルの充電電流を低減させているため、定電圧回路の発熱が大きくなって大きな放熱器を設置しなければならないという問題がある。

【0005】さらに、バイパス作動中のセル以外のセルごとに充電電気量（Ah）の大きさを変えられないため、目標充電率に対するセルごとの充電率の調整量を定量的に制御することが困難であり、調整精度が悪いという問題がある。

【0006】本発明の目的は、組電池を構成する各単電池の充電率を簡単な構成で正確に調整する組電池の単電池間充電率調整装置を提供することにある。

【0007】**【課題を解決するための手段】**

（1） 請求項1の発明は、複数の単電池が直列に接続された組電池に対して、各単電池の充電率が均一になるように調整する組電池の単電池間充電率調整装置に適用される。そして、各単電池の開放電圧を検出する検出回

路と、各単電池に並列に接続され、各単電池の充電電荷を放電する複数の放電回路と、検出回路により検出された各単電池の開放電圧に基づいて各放電回路により各単電池の充電率を制御する制御回路とを備える。

(2) 請求項2の組電池の単電池間充電率調整装置は、制御回路によって、組電池の放電時、充電時および休止時に各単電池の充電率を制御するようにしたものである。

(3) 請求項3の組電池の単電池間充電率調整装置は、制御回路によって、各単電池の開放電圧の度数分布を定量化し、その統計値に基づいて各単電池の放電必要容量を演算するようにしたものである。

(4) 請求項4の組電池の単電池間充電率調整装置は、制御回路によって、各単電池の開放電圧の度数分布を正規分布とみなし、開放電圧平均値および標準偏差に基づいて調整目標電圧を設定し、各単電池の端子電圧が前記調整目標電圧になるように放電回路により各単電池の放電を行なうようにしたものである。

(5) 請求項5の組電池の単電池間充電率調整装置は、放電回路を抵抗器とスイッチの直列回路とし、制御回路によって間欠的にスイッチを閉路して単電池の放電を行なうようにしたものである。

(6) 請求項6の組電池の単電池間充電率調整装置は、制御回路によって、各単電池の開放電圧の度数分布を定量化する第1の演算回路と、第1の演算回路による統計値に基づいて各単電池の放電必要容量を演算する第2の演算回路とを有し、検出回路、放電回路および第1の演算回路を組電池と一体に形成するとともに、第2の演算回路を組電池の外部に設置して両者の間を絶縁したものである。

(7) 請求項7の組電池の単電池間充電率調整装置は、各単電池の開放電圧に基づいて異常判定しきい値を設定し、異常判定しきい値を超える開放電圧の単電池を容量調整対象から除外するようにしたものである。

【0008】

【発明の効果】

(1) 請求項1の発明によれば、単電池ごとに充電電荷を放電する放電回路を設け、各単電池の開放電圧を検出し、開放電圧に基づいて放電回路により各単電池の充電率を制御し、各単電池の充電率が均一になるように調整するようにした。上述した従来の充電率調整装置では、充電終了間際の短時間の内に大きな充電バイパス電流を流して充電率を調整するため、充電を完了しないと充電率が十分に調整されない上に、充電時に各単電池の端子電圧が所定値に達したら充電電流をバイパスする充電率調整方法であって、各単電池に同一の充電電流を流すか遮断するかによって充電率の調整を行なっているにすぎないから、各単電池ごとに充電率を正確に調整することは困難である。また、大きなバイパス電流による発熱を放熱するために大型の放熱器が必要となる。これに

対し本発明では、放電回路の放電量を各単電池ごとに制御することによって各単電池の開放電圧に応じた木目細かな充電率の調整が可能となり、単電池間の充電率を確実に正確に調整することができる。また、長時間にわたって放電電流を流せるので、放電回路の充電電荷の放電量を十分に小さな値にすることができ、放電回路の発熱容量が小さく、放熱器を小型化することができる。

(2) 請求項2の発明では、組電池の放電時、充電時および休止時に各単電池の充電率を制御するようにした。上述したように、本発明は、単電池ごとに充電電荷を放電する放電回路を設け、各単電池の開放電圧に基づいて放電回路により各単電池の充電率を制御するものであるから、従来の装置のように充電終了間際の短時間の間に限定されず、組電池の充電時、放電時、休止時を問わず常に充電率の調整を行なうことができる。

(3) 請求項3の発明によれば、各単電池の開放電圧の度数分布を定量化し、その統計値に基づいて各単電池の放電必要容量を演算し、演算結果の容量だけ各単電池を放電させるようにしたので、上記請求項1および請求項2の効果に加え、充電率の調整精度をさらに向上させることができる。

(4) 請求項4の発明によれば、各単電池の開放電圧の度数分布を正規分布とみなし、開放電圧平均値および標準偏差に基づいて調整目標電圧を設定し、各単電池の端子電圧が前記調整目標電圧になるように放電回路により各単電池の放電を行なうようにしたので、各単電池の充電率を正確に調整することができる。

(5) 請求項5の発明によれば、放電回路を抵抗器とスイッチの直列回路とし、制御回路によって間欠的にスイッチを閉路して単電池の放電を行なうようにしたので、簡単な放電回路で発熱の少ない正確な充電率調整動作を行なうことができる。

(6) 請求項6の発明によれば、各単電池の開放電圧の度数分布を定量化する第1の演算回路と、第1の演算回路による統計値に基づいて各単電池の放電必要容量を演算する第2の演算回路とを有し、検出回路、放電回路および第1の演算回路を組電池と一体に形成するとともに、第2の演算回路を組電池の外部に設置して両者の間を絶縁したので、組電池側のパワー系と第2演算回路側の信号系とを分離、絶縁でき、パワー系から信号系への影響のない信頼性の高い、コンパクトな構成とすることができる。

(7) 請求項7の発明によれば、各単電池の開放電圧に基づいて異常判定しきい値を設定し、異常判定しきい値を超える開放電圧の単電池を容量調整対象から除外するようにしたので、異常判定しきい値を超える異常単電池の開放電圧を考慮することによる各単電池の調整が必要な放電量の増加を抑制でき、放電による充電率調整時のエネルギーロスを最小限にすることができる。

【0009】

【発明の実施の形態】図1は一実施の形態の構成を示す図である。組電池Cはn個のセルC1, C2, ..., Cnが直列に接続される。セルC1~Cnは4個ずつにまとめられ、モジュールM1, M2, ...を構成する。セルコントローラーCC1, CC2, ...は、モジュール単位にセルを管理する。例えば、セルコントローラーCC1はモジュールM1に含まれる4個のセルC1~C4の充放電を制御する。バッテリーコントローラーBCは、各セルコントローラーCCを制御し、組電池Cを管理する。バッテリーコントローラーBCは、端子V, Cを介して各セルコントローラーCCに電源を供給するとともに、送信端子SDと受信端子RDを介してシリアル通信により各セルコントローラーCCと通信を行なう。

【0010】なお、組電池を構成するセルの個数、モジュールを構成するセルの個数、各セルコントローラーが管理するセルの個数はこの実施の形態に限定されない。また、バッテリーコントローラーとセルコントローラーを1個のコントローラーにまとめて各セルを管理するようにしてもよい。

【0011】図2はセルコントローラーの詳細回路図である。なお、ここではセルコントローラーCC1を例に上げて説明するが、他のセルコントローラーも同様である。セルコントローラーCCは組電池のモジュールMと一体に構成される。セルコントローラーCC1は、CPU、ROM、RAM、A/D、IF、抵抗器R1~R4、スイッチS1~S4を備えている。A/Dコンバーターは、各セルの端子電圧Vcをデジタル信号に変換してCPUへ送る。インタフェースIFは、シリアル通信によりバッテリーコントローラーBCと通信を行なう。なお、インタフェースIFと電源VccはフォトカプラPhにより絶縁される。また、組電池Cの内部回路は最大400V程度の高電圧であり、A/Dコンバーターへの電圧検出回路の配線や、抵抗器R1, R2, ...とスイッチS1, S2, ...からなる容量調整回路はセルコントローラーCCに内蔵し、高電圧回路の引き回しを避ける。

【0012】各セルC1, C2, ...にはそれぞれ、抵抗器RとスイッチSの直列回路が並列に接続される。この抵抗器RとスイッチSからなる直列回路はそれぞれのセルの容量調整回路であり、抵抗器Rを介してセルの充電電荷を放電することによって各セルの充電容量を調整することができる。スイッチS1, S2, ...はそれぞれCPUにより開閉が制御される。例えば、スイッチS1が閉じられると、セルC1が抵抗器R1を通して放電する。他のセルも同様である。なお、各抵抗器R1, R2, ...の抵抗値は同一であり、調整容量はスイッチSの閉路時間に比例し、スイッチSを間欠的に閉路して調整容量を制御する。調整容量は、例えばLi-ion電池の場合、組電池Cの定格容量の例えば0.1%以下程度で、セル間充電量はばらつきの拡大を十分に抑制でき

る。

【0013】まず、各セルの開放電圧Vcの検出方法を説明する。各セルC1, C2, ..., Cnの開放電圧Vcは、セルコントローラーCCのA/Dコンバーターにより検出され、デジタル信号に変換されてセルコントローラーCCのCPUへ送られ、さらにインタフェースIFを介してバッテリーコントローラーBCへ送られる。

【0014】セル開放電圧Vcの検出タイミングは、①組電池Cの放電開始直前、②満充電終了直前の電流減衰域、③放電中、などが考えられる。

①放電開始直前では、開放電圧を検出できるが、各セルコントローラーCCにおける検出動作と、各セルコントローラーCCからバッテリーコントローラーBCへの検出結果の送信動作とが行なわれている間は、組電池Cから負荷への放電を待たなければならないため、高速のA/D変換と通信速度が要求されるが、検出タイミングに制限が少ない。

②満充電終了直前の電流減衰域では、充電電流が小さくなっているので各セルの内部抵抗による電圧降下が小さく、開放電圧に近い電圧を検出できる。また、充電時であるから、高速のA/D変換と通信を行なう必要はないが、検出タイミングが充電終了時に限定される。

③放電中は、各セルの放電電圧Vと放電電流Iを測定してセルごとの電圧-電流特性($V=E-I R$)を直線回帰し、セルの開放電圧Eを推定することができるが、各セルごとに演算するため、マイコンの負荷が増大する。

【0015】なお、開放電圧Vcの検出中にスイッチSを閉じて抵抗器Rによるセルの放電を行なうと、開放電圧Vcの測定誤差が大きくなるのでスイッチSの閉路を禁止する。

【0016】各セルコントローラーCCは、各セルの開放電圧VcをRAMに記憶するとともに、インタフェースIFを介してバッテリーコントローラーBCに送る。バッテリーコントローラーBCは、各セルコントローラーCCから収集した開放電圧Vc1~Vcnに基づいて平均値Vaと標準偏差σを演算し、それらを各セルコントローラーCCへ送る。各セルコントローラーCCは、開放電圧平均値Vaと標準偏差σにより守備範囲の各セルの位置づけを相対的に把握し、各セルごとの容量調整の要否を判断する。セルコントローラーCCは、仮調整目標電圧Vvを設定して各セルの調整電氣量を決定する。

【0017】図3はセル開放電圧Vcの分布を示す。この実施の形態では、セル開放電圧Vcの分布を正規分布とし、開放電圧平均値Vaを中心にして±3σを超える開放電圧のセルを異常セルと判定する。仮調整目標電圧Vvを、セル開放電圧Vcの最低値とすると、異常セルがある場合にほぼすべてのセルに対して極端な容量調整が必要となり、エネルギーロスが大きくなる。そこで、

この実施の形態ではパラメータ n を3とし、異常判定しきい値($V_a \pm 3\sigma$)を超えるセル開放電圧のセルを異常セルとして容量調整対象から除外する。なお、セル開放電圧 V_c の上限値4.15[V]は異常判定しきい値($V_a \pm 3\sigma$)の範囲内にある。

【0018】このように、各セルの開放電圧に基づいて統計演算により異常判定しきい値を設定し、異常判定しきい値を超える開放電圧のセルを容量調整対象から除外するようにしたので、異常判定しきい値を超える異常セルの開放電圧を考慮することによる各セルの放電容量の増加を抑制でき、放電による充電率調整時のエネルギーロスを最小限にすることができる。

【0019】仮調整目標電圧 V_v は次式により求められる。

$$\text{【数1】 } V_v = V_a - n \cdot \sigma$$

ここで、仮調整目標電圧 V_v が異常判定しきい値($V_a \pm 3\sigma$)の範囲内となるようにパラメータ n を設定する。各セルの開放電圧 V_c と仮調整目標電圧 V_v との偏差 V_{cd} は、

$$\text{【数2】 } V_{cd} = V_c - V_v$$

【0020】開放電圧偏差 V_{cd} に相当する最大調整容量 C_{tmax} [Ah]は、開放電圧偏差に対する最大調整容量の変換テーブル(不図示)から補間演算により求める。ただし、組電池の容量と端子電圧との関係は、図4に示すように充電率(SOC)の広い範囲で直線的な相関関係があるが、充電率が低い放電末期領域では電圧に対する容量感度が高く、演算誤差が大きくなる。したがって、開放電圧偏差 V_{cd} から最大調整容量 C_{tmax} を求める場合に、組電池の充電率が極端に低い時は開放電圧 V_c に基づく演算を行わない。実際の調整容量 C_t は、調整ゲインを γ とすると、

$$\text{【数3】 } C_t = C_{tmax} \cdot \gamma$$

ただし、 C_t が規定値以下の場合は $C_t = 0$ としてよい。

【0021】次に、調整容量に対する調整電流の変換テーブル(不図示)から、補間演算によりセルごとの調整必要容量 C_t に応じた調整電流 I_b を求める。そして、調整完了時間と調整電流 I_b とにより容量調整回路のスイッチ S の間欠閉路条件を決定し、その間欠閉路条件でスイッチ S を開閉制御する。なお、この充電率調整動作は組電池 C の放電時と充電時はもとより、休止時にも行なうことができる。

【0022】図5は、セルコントローラ CC とバッテリーコントローラ BC の充電率調整動作を示すフローチャートである。このフローチャートにより、一実施の形態の充電率調整動作を説明する。装置の電源が投入されると、セルコントローラ CC とバッテリーコントローラ BC は図5に示す動作を開始する。ステップ1において、セルコントローラ CC はA/Dコンバータにより各セルの開放電圧 V_c を検出し、RAMに記憶す

る。続くステップ2でバッテリーコントローラ BC に各セルの開放電圧 V_c を送信する。

【0023】バッテリーコントローラ BC は、ステップ11で各セルコントローラ CC から各セルのセル開放電圧 V_c を収集し、続くステップ12でセル開放電圧 V_c の分布を定量化して平均値 V_a 、標準偏差 σ を演算する。そして、ステップ13で、各セルコントローラ CC へ開放電圧平均値 V_a 、標準偏差 σ 、パラメータ n などの統計値を送信する。

【0024】セルコントローラ CC は、ステップ3でバッテリーコントローラ BC から統計値を受信し、統計値に基づいて仮調整目標電圧 V_v と異常判定しきい値($V_a \pm 3\sigma$)を決定する。続くステップ4でセル開放電圧 V_c が異常判定しきい値($V_a \pm 3\sigma$)を超える異常セルを検出し、警報を行なう。ステップ5では調整電流 I_b を演算する。ステップ6において任意の容量調整完了時間を設定し、調整完了時間と調整電流 I_b に応じてスイッチ S の間欠閉路条件を決定する。ステップ7で決定した間欠閉路条件でスイッチ S を開閉制御して容量調整を開始し、ステップ8で調整完了時間が経過するまで容量調整を行なう。

【0025】以上の一連の容量調整動作を行なうたびに、組電池を構成するセル間の充電率が一定の値に収束していく。

【0026】上述した従来の充電率調整では、上述したように30分位の短時間に最大1A程度のバイパス電流を流し、容量($1A \times 0.5h = 0.5Ah$)の調整が行なわれる。これに対し上記実施の形態では、同一容量だけ調整する場合に、例えば0.1A程度の小さい調整電流を5時間流して充電率調整を行なうことができ、抵抗器 R による発熱が $1/10$ になる。したがって、この実施の形態の抵抗器 R の放熱器は、従来の充電電流バイパス回路の放熱器に比べて十分に少容量にすることができる。

【0027】図6はこの実施の形態による容量調整結果を示す図であり、(a)は容量調整前のセル開放電圧 V_c のばらつきを表わし、(b)は容量調整1回目のセル開放電圧 V_c のばらつきを表わし、(c)は容量調整2回目のセル開放電圧 V_c のばらつきを表わす。なお、この容量調整は仮調整目標電圧 V_v を($V_a - 2\sigma$)とし、調整ゲイン γ を50%として行なったものである。この容量調整では、セル間の当初の電圧分布状態を保持しながらばらつきを縮小するように調整が進行し、開放電圧の分布が自然である。

【0028】図7はこの実施の形態による他の容量調整結果を示す図であり、(a)は容量調整前のセル開放電圧 V_c のばらつきを表わし、(b)は容量調整1回目のセル開放電圧 V_c のばらつきを表わし、(c)は容量調整2回目のセル開放電圧 V_c のばらつきを表わす。なお、この容量調整は仮調整目標電圧 V_v を平均電圧 V_a

とし、調整ゲインを200%として行なったものである。この容量調整では、高開放電圧のセルを低開放電圧側に順次折り返すので、セルの開放電圧分布がスクランブルされる。

【0029】以上の一実施形態の構成において、セルC1～Cnが単電池を、組電池Cが組電池を、A/Dコンバーターが検出回路を、抵抗器RとスイッチSの直列回路が放電回路を、セルコントローラーCCとバッテリーコントローラーBCが制御回路を、セルコントローラーCCが第1の演算回路を、バッテリーコントローラーBCが第2の演算回路をそれぞれ構成する。

【0030】本発明は、例えば電気自動車の組電池のセル間充電率調整装置として応用することができる。また、本発明は、リチウム・イオン電池、ニッケル・水素電池、鉛酸電池など、あらゆる種類の組電池に対して応用することができる。特に、リチウム・イオン電池は充電容量とセル開放電圧との関係の相関性がよいので、本発明により充電率を正確に調整することができる。また、リチウム・イオン電池では副反応によるエネルギーロスがほとんどなく、セル間の充電率のばらつきが生ずることがほとんどないが、長いサイクル寿命の経過とともに、温度分布などの諸要因により少しずつばらつきが生ずることも想定される。副反応がない反面、副反応を利用した均等充電を実施することができないが、本発明

のようなシステムを構築することで組電池の有効容量を万全に保てる。なお、調整目標電圧および異常判定しきい値は上述した実施の形態に限定されない。

【図面の簡単な説明】

【図1】 一実施の形態の構成を示す図である。

【図2】 セルコントローラーの回路図である。

【図3】 セルの開放電圧の度数分布を示す図である。

【図4】 セルの容量に対する端子電圧の関係を示す図である。

【図5】 セルコントローラーとバッテリーコントローラーの動作を示すフローチャートである。

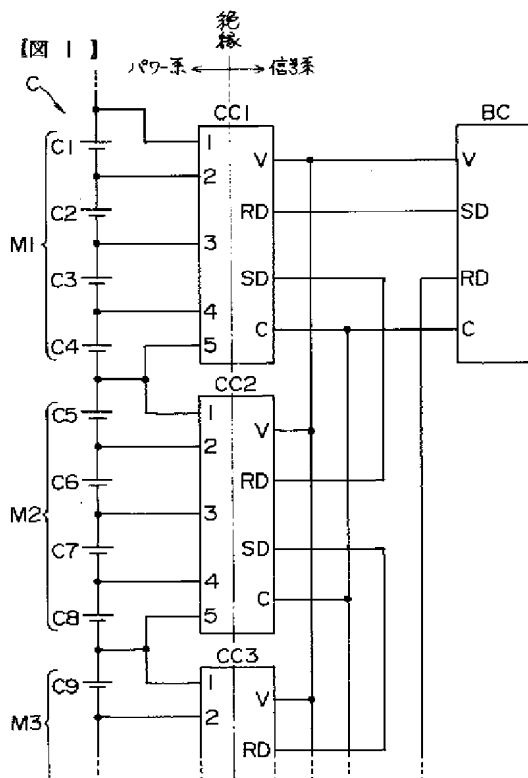
【図6】 一実施の形態によるセル間の容量調整結果を示す図である。

【図7】 一実施の形態によるセル間の他の容量調整結果を示す図である。

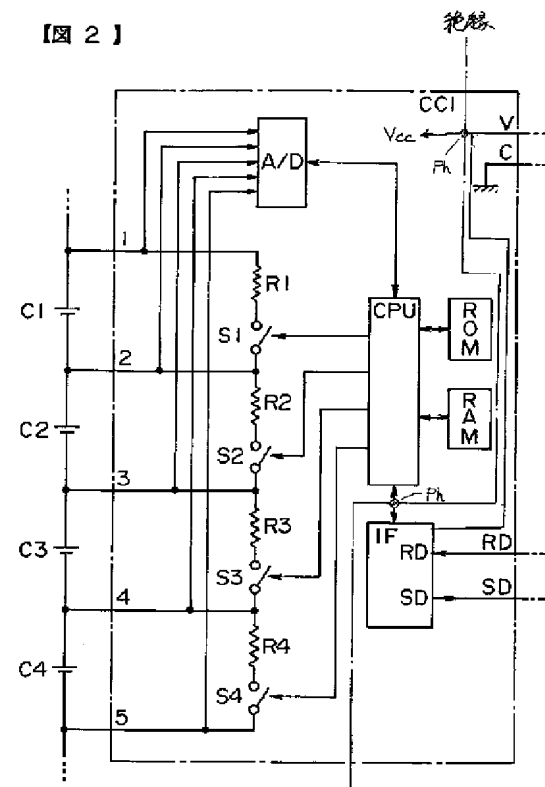
【符号の説明】

C 組電池
M1, M2, ... モジュール
C1, C2, ... セル
CC1, CC2, ... セルコントローラー
BC バッテリーコントローラー
A/D A/Dコンバーター
R1～R4 抵抗器
S1～S4 スイッチ

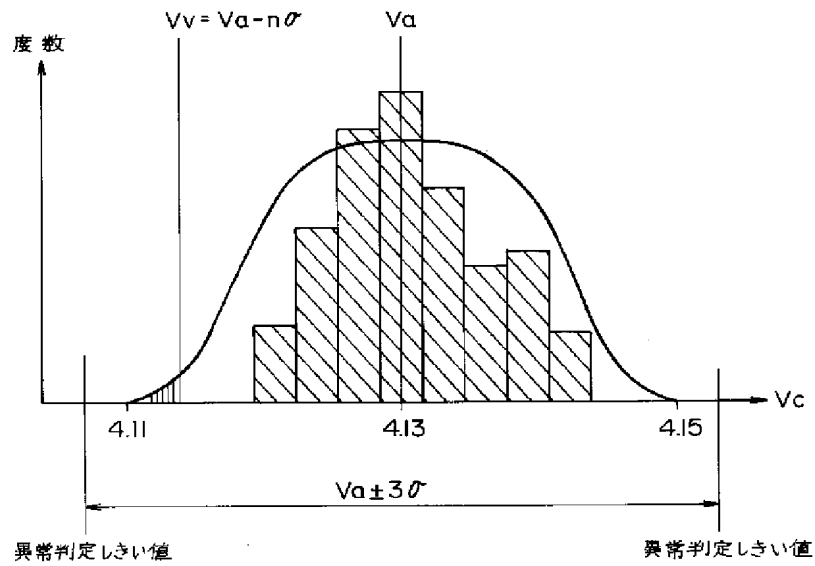
【図1】



【図2】



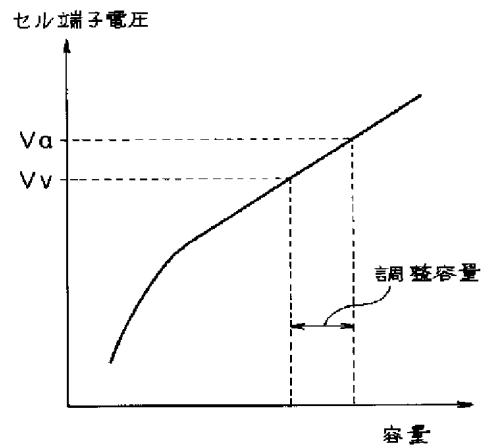
【図3】



【図3】

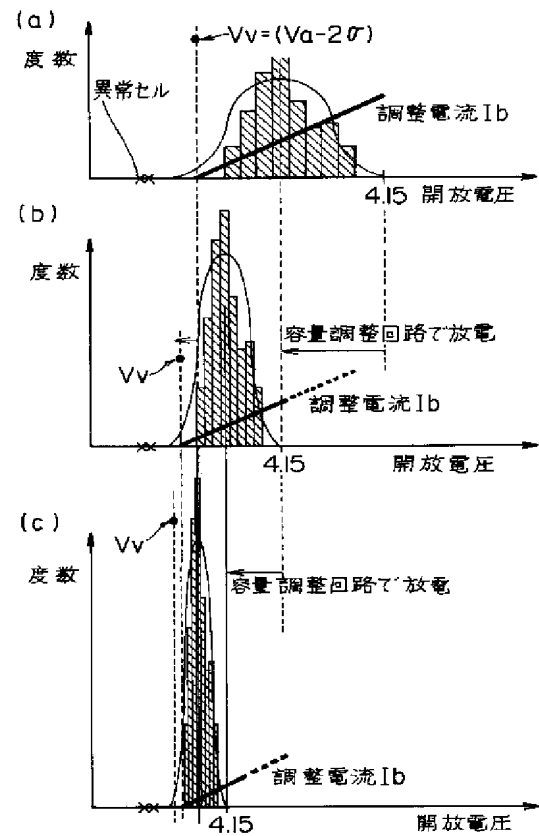
【図4】

【図4】



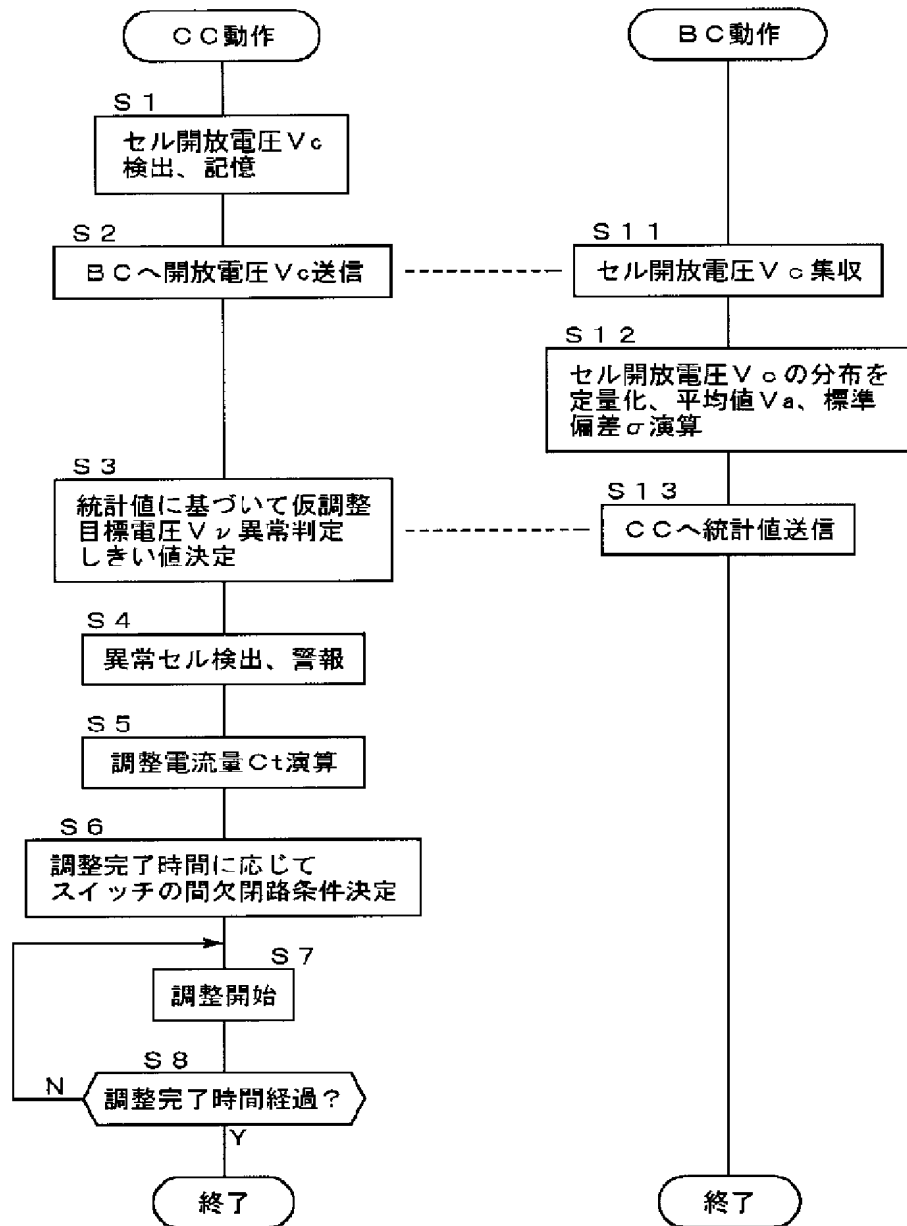
【図6】

【図6】



【図5】

【図5】



【図7】

【図7】

